

O206

PEFCガス拡散層のカーボンペーパーの有効熱伝導度

(京大工)○(正)河瀬 元明*・(学)川嶋 祥太・(正)三浦 孝一

1. 緒言

固体高分子形燃料電池(PEFC)の内部には放熱のために膜厚方向に温度分布が生じる。このため、電解質膜(PEM)の温度はセル制御温度や供給ガス温度よりも高くなり、動作中のセル内の PEM 近傍では湿度が低下し、PEM の含水率の低下を招く^{1,2)}。これは PEM のプロトン導電率を低下させ、発電効率を低下させる。この効果は最大では全損失の数%に及ぶ。PEM の含水率低下は膜の耐久性も低下させる大きな問題である。

数十 μm という極薄のPEMの温度を実測することは困難であるため、数値計算による温度推定が行われるが、GDL内での水分凝縮がない条件では温度上昇は膜厚方向の総括熱伝導度に反比例して決まる³⁾。この総括熱伝導度はガス拡散層(GDL)部材であるカーボンペーパーの有効熱伝導度と界面接触抵抗によって決まる⁴⁾、そのいずれも値が確立していない。本研究では、意識的に厚したPEM中に極薄熱電対を挿入して温度上昇を実測し、熱伝導度の解析を行った。

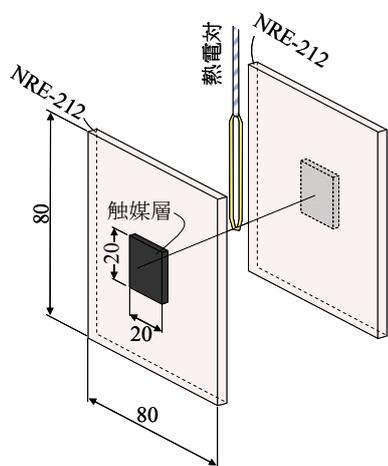


Fig. 1 MEA fabricated for temperature measurement.

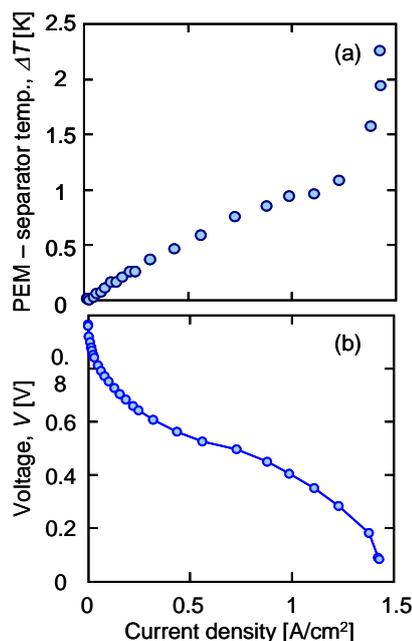


Fig. 2 MEA temperature measurement (a) Temperature rise, (b) Polarization curve (80 °C, 598 cm³/min H₂ 60 °C d.p., 299 cm³/min O₂ 50 °C d.p.).

有効熱伝導度と界面接触抵抗によって決まる⁴⁾、そのいずれも値が確立していない。本研究では、意識的に厚したPEM中に極薄熱電対を挿入して温度上昇を実測し、熱伝導度の解析を行った。

2. 実験

実験には JARI 標準セルを用いた。Fig. 1 に示すように、2枚のNafion[®]膜の間に極薄熱電対(厚さ 20 μm)を挿入し、触媒層(2 cm × 2 cm, Pt 担持量 0.5 mg/cm²)とともにホットプレスにより融着した MEA を作製して用いた。面内分布を減らすため、供給水素、酸素流量は 2 A/cm² で量論量の10倍となるようにし、すべての実験条件で反応率が7%以下とした。

3. 結果と考察

Fig. 2にセル温度80°C、水素60°C加湿(RH = 42%)、酸素 50 °C 加湿

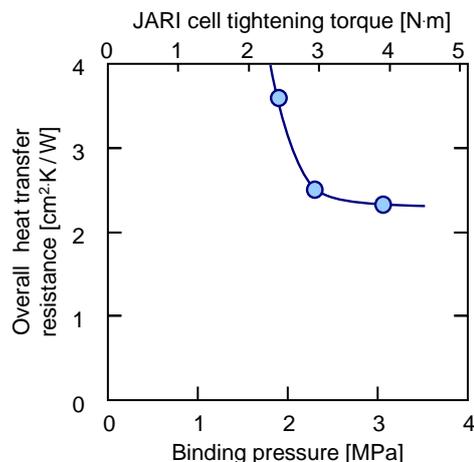


Fig. 3 Overall heat transfer resistance vs. cell binding pressure (80 °C, 598 cm³/min H₂ 60 °C d.p., 299 cm³/min O₂ 50 °C d.p.).

(RH = 26%) で、発電しながら測定した PEM 温度上昇の一例を示す。電流密度を上げるにつれ、電圧が低下し、発熱速度が増すため、PEM 温度は上昇する。限界電流密度付近では発電効率が急激に減少し、温度は急上昇する。その結果 1.4 A/cm² で 2.3 °C の温度上昇を観測した。これにより PEM 近傍の相対湿度は12%低下していることになる。

近年いくつかの温度測定例⁵⁻⁷⁾が報告されるようになったが、その値は数倍程度異なっている。これは接触抵抗やカーボンペーパーの圧縮により総括伝熱抵抗が変化するためである⁴⁾。その影響を検討するために、セルの締結圧を変えてPEM温度上昇を測定した結果をFig. 3 に示す。これはPEM~セパレーター間の伝熱抵抗 $\Delta T/q = \delta^{(D)}/k_c^{(D)} + \theta_c$ (ΔT : PEM-セパレーター温度差, q : 熱流束, $k_c^{(D)}$: GDLの有効熱伝導度, θ_c : 接触抵抗) であり、層間接触抵抗も含んでいる。締結圧を増すと、総括伝熱抵抗が激減することがわかる。これは、圧縮によってカーボンペーパーが変形し厚さが減ること、空隙率の減少によってカーボンペーパー自体の有効熱伝導度が増加すること、層間界面における接触状態が改善され接触抵抗が低下することによるものと考えられる。

現在、伝熱抵抗のカーボンペーパー厚み依存性を利用して、接触抵抗の寄与を除去し、カーボンペーパーの変形による有効熱伝導度の変化の評価を進めている。

[謝辞] 本研究は、NEDO技術開発機構からの受託に基づいた固体高分子形燃料電池システム技術開発/次世代技術開発事業の一環として実施されたものである。

- 1) 三浦・河瀬・武末, 化学工学会第38秋会 O127 (2006).
- 2) 河瀬・稲垣・川嶋・三浦, 化学工学会第41秋会 AD118 (2009).
- 3) M. Kawase, T. Inagaki, K. Miura, *ECS Trans.*, **16**(2), 563-573 (2008).
- 4) M. Kawase, T. Inagaki, S. Kawashima, K. Miura, *ECS Trans.*, **25**(1), 1529-1537 (2009).
- 5) K. Aotani, S. Miyazaki, N. Kubo, M. Katsuta, *ECS Trans.*, **16**(2), 341-352 (2008).
- 6) S. Hirai, S. Tsushima, *ECS Trans.*, **16**(2), 1337-1343 (2008).
- 7) S.-K. Lee, K. Ito, K. Sasaki, *ECS Trans.*, **25**(1), 495-503 (2009).

*kawase@cheme.kyoto-u.ac.jp